



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 40 39 629 C 2**

⑳ Aktenzeichen: P 40 39 629.0-21
㉑ Anmeldetag: 12. 12. 90
㉒ Offenlegungstag: 17. 6. 92
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 9. 6. 93

㉔ Int. Cl.⁵:
B 60 G 23/00
B 60 G 21/00
B 60 G 17/02
B 60 G 17/06

DE 40 39 629 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉕ Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

㉖ Erfinder:
Otterbein, Stefan, Dr.; Kallenbach, Rainer, Dr.-Ing.,
7000 Stuttgart, DE

㉗ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 11 58 385
DE 37 38 284 A1
DE 34 08 292 A1
EP 03 21 078 A

㉘ System zur Erzeugung von Signalen zur Steuerung oder Regelung eines steuerbaren oder regelbaren
Fahrwerkes

DE 40 39 629 C 2

Beschreibung

Stand der Technik

Zur Verbesserung des Fahrkomforts von Personen- und/oder Nutzkraftwagen ist die Ausgestaltung des Fahrwerkes von wesentlicher Bedeutung. Hierzu sind leistungsfähige Federungs- und/oder Dämpfungssysteme als Bestandteile eines Fahrwerkes nötig.

Bei den bisher noch überwiegend benutzten passiven Fahrwerken sind die Federungs- und/oder Dämpfungssysteme, je nach prognostiziertem Gebrauch des Fahrzeuges, beim Einbau entweder tendenziell hart ("sportlich") oder tendenziell weich ("komfortabel") ausgelegt. Eine Einflußnahme auf die Fahrwerkcharakteristik ist während des Fahrbetriebes bei diesen Systemen nicht möglich.

Bei aktiven Fahrwerken hingegen kann die Charakteristik der Federungs- und/oder Dämpfungssysteme während des Fahrbetriebes je nach Fahrzustand im Sinne einer Steuerung oder Regelung beeinflußt werden.

Zur Steuerung oder Regelung eines solchen aktiven Fahrwerkes ist zunächst einmal das System — Fahrzeuginsassen/Ladung — Fahrzeug — Fahrbahn — zu betrachten. Als Beeinträchtigungen des Fahrkomforts werden von den Fahrzeuginsassen bzw. einer stoßempfindlichen Ladung die Bewegungen des Fahrzeugaufbaus empfunden. Diese Bewegungen des Aufbaus haben im wesentlichen als Ursachen zum einen Anregungen durch Fahrbahnunebenheiten und zum anderen Veränderungen des Fahrzustandes wie Lenken, Bremsen und Beschleunigen.

Man gelangt also durch eine Minimierung der Aufbaubewegungen des Fahrzeuges zu einem hohen Fahrkomfort. Um den Aufbaubewegungen durch ein aktives Federungs- und/oder Dämpfungssystem verringern entgegenzuwirken können zwei Strategien verfolgt werden.

Zum einen können die Ursachen der Aufbaubewegungen detektiert werden. Das heißt, daß die Fahrbahnunebenheiten erkannt werden, bevor das Fahrzeug diese erreicht. Dies ist beispielsweise in der DE-PS 11 58 385 beschrieben. Weiterhin können als weitere Ursachen Veränderungen des Fahrzustandes wie Lenken, Bremsen und Beschleunigen quasi vor ihrer Wirkung auf den Fahrzeugaufbau erkannt werden, indem man die entsprechenden Stellglieder beobachtet. Beispielsweise können Lenkwinkel und/oder Veränderungen der Drosselklappenstellung detektiert werden, um Lenk- und/oder Beschleunigungsmanöver zu erkennen. In diesem Falle kann also eine wirksame Minimierung der Aufbaubewegungen sozusagen gleichzeitig mit deren Eintreten getätigt werden.

Zum anderen können die Aufbaubewegungen sensiert werden und diesen durch ein aktives Fahrwerk entgegengewirkt werden.

Die Verwirklichung der ersten Strategie ist bezüglich der Sensierung der Fahrbahnunebenheiten nachteilig, da hierzu Sensoren, beispielsweise Ultraschallsensoren oder optische Sensoren, benötigt werden, die sehr aufwendig sind.

Eine Fahrwerkregelung, die gemäß der zweiten Strategie arbeitet, ist beispielsweise in der DE 37 38 284 A1 beschrieben. Hier werden die Aufbaubewegungen als Aufbaubeschleunigungen gemessen. Nachteilig bei solchen Systemen ist, daß relativ aufwendige und teure Beschleunigungssensoren nötig sind.

In der EP 03 21 078 A wird ein System zur Fahrwerkregelung beschrieben, bei dem die Bewegungen des Fahrzeugaufbaus ohne Beschleunigungssensoren bestimmt werden. Zwischen den Radeinheiten und dem Aufbau sind jeweils die Federungs- und/oder Dämpfungssysteme angebracht. Es werden nun durch Integration der Signale der Relativbewegungen zwischen dem Aufbau und den Radeinheiten, beispielsweise des Einfederweges, und unter Vernachlässigung der Dämpferkraft die lokalen Aufbaugeschwindigkeiten an den Angriffspunkten der Federungs- und/oder Dämpfungssysteme am Aufbau bestimmt. Diese lokalen Aufbaubewegungen werden dann zur Steuerung und/oder Regelung des jeweiligen lokalen Federungs- und/oder Dämpfungssystems im Sinne einer Minimierung dieser lokalen Aufbaugeschwindigkeit herangezogen.

Das in der EP 03 21 078 A beschriebene System hat im wesentlichen drei Nachteile.

1. Die Bestimmung der lokalen Aufbaugeschwindigkeiten und deren lokale Minimierung hat zur Folge, daß kollektive Aufbaubewegungen wie Nick-, Wank- und Hubbewegungen weitgehend unberücksichtigt bleiben. Eine gezielte Beeinflussung dieser kollektiven Aufbaubewegungen im Sinne ihrer Verringerung sind deswegen nicht möglich.

2. Die Berücksichtigung von Lenk-, Brems- und/oder Beschleunigungsmanövern des Fahrzeuges, die unmittelbar Wank- und Nickbewegungen des Aufbaus zur Folge haben, ist somit ebenfalls nicht möglich.

3. Sowohl die Integration der Signale der Relativbewegungen zwischen dem Aufbau und den Radeinheiten als auch die Vernachlässigung der Dämpferkraft haben sich zur Bestimmung der lokalen Aufbaugeschwindigkeit als nicht optimal erwiesen, da im allgemeinen die Dämpferkraft gegenüber der Federkraft nicht zu vernachlässigen ist.

In der DE 34 08 292 A1 wird ein aktives Federungssystem beschrieben, bei dem ausgehend von den Abständen zwischen dem Fahrzeugaufbau und den Rädern (Einfederwege) eine gemittelte Höhenlage, ein gemittelter Nickwinkel sowie ein gemittelter Wankwinkel des Fahrzeugaufbaus relativ zum Untergrund berechnet wird. Daraufhin werden Stellkräfte bestimmt, aufgrund deren die zwischen den Rädern und dem Fahrzeugaufbau angeordneten Abstützaggregate angesteuert werden, um die zuvor errechnete mittlere Höhenlage bzw. den errechneten Nick- sowie Wankwinkel in vorgebar Weise gewünschten Werten anzupassen. Eine gezielte und separate Beeinflussung der tatsächlich momentan vorliegenden Aufbaubewegungen ist aber mit diesem System nicht zu erreichen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein einfaches und preiswertes System zur Fahrwerkregelung zu entwickeln, mit dem eine gezielte Beeinflussung der tatsächlich momentan vorliegenden Aufbaubewegungen möglich ist.

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Gegenüber dem Stand der Technik hat die vorliegende Erfindung den Vorteil, daß eine gezielte Beeinflussung der tatsächlich momentan vorliegenden Aufbaubewegungen, insbesondere der kollektiven Aufbaubewegungen, wie Hub-, Wank- und Nickbewegungen des Aufbaus, möglich ist.

Hierzu werden erfindungsgemäß zur Steuerung oder Regelung des in seinen Bewegungsabläufen steuerbaren oder regelbaren Fahrwerks erste Sensoren zur Erfassung von ersten Signalen, die die relativen Bewegungen zwischen den Radeinheiten und dem Fahrzeugaufbau repräsentieren, vorgesehen. Zweite Sensoren erfassen durch zweite Signale die Längs- und/oder Querbewegungen des Fahrzeugs infolge instationärer Fahrzustände. Solche instationäre Fahrzustände können beispielsweise bei Kurvenfahrten, Brems- und/oder Beschleunigungsmanövern vorliegen. Ausgehend von den ersten Signalen werden dann unter Berücksichtigung von Kenngrößen der Federungs- und/oder Dämpfungssysteme, beispielsweise mittels eines "inversen Modells", erste Anteile (z.B. α , β) der Aufbaubewegungen, die durch stationäre Fahrzustände induziert werden, ermittelt. Ausgehend von den zweiten Signalen werden darüber hinaus unter Berücksichtigung von Fahrzeugparametern zweite Anteile der Aufbaubewegungen, die durch instationäre Fahrzustände induziert werden, ermittelt. Abhängig von den sich als Überlagerung der ersten und zweiten Anteile ergebenden Aufbaubewegungen werden die Federungs- und/oder Dämpfungssysteme eingestellt.

Zu dem obenerwähnten "inversen Modell" ist folgendes zu bemerken:

Bewegt sich das Fahrzeug auf einer Fahrbahn mit den bekannten Fahrbahnunebenheiten, so können, ausgehend von den bekannten Fahrbahnunebenheiten und unter Berücksichtigung der Charakteristik der zwischen dem Fahrzeugaufbau und den Rädern angeordneten Aufhängungssysteme und der Fahrzeugparameter, die durch die Fahrbahnunebenheiten induzierten Fahrzeugvertikalbewegungen bestimmt werden. Insbesondere gelangt man mittels eines Fahrzeugmodells zu Zusammenhängen zwischen den Fahrbahnunebenheiten und den Einfederbewegungen einerseits und den Fahrbahnunebenheiten und den Aufbaubewegungen andererseits.

In einem "inversen Modell" können nun die beiden obenbeschriebenen Zusammenhänge benutzt werden und sozusagen die Anregungen durch Fahrbahnunebenheiten eliminiert werden. So ist möglich, wie beispielsweise in der obenerwähnten EP 03 21 078 A in der lokalen Variante beschrieben, von den Einfederbewegungen direkt auf die vertikalen Aufbaubewegungen zu schließen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die obenerwähnten ersten Anteile der Aufbaubewegungen die durch stationäre Fahrzustände induzierten kollektiven Aufbaubewegungen wie Hub-, Wank- und Nickbewegungen des Aufbaus entsprechen, und daß die zweiten Anteile die durch instationäre Fahrzustände induzierten kollektiven Aufbaubewegungen wie Wank- und Nickbewegungen des Aufbaus entsprechen.

Weiterhin kann vorgesehen sein, daß die Einstellung der Federungs- und/oder Dämpfungssysteme derart getätigt werden, daß die kollektiven Aufbaubewegungen abhängig von dem Fahrzustand des Fahrzeugs (Bremsen, Beschleunigen, Lenken) getrennt voneinander beeinflußt werden, oder daß die Einstellung der Federungs- und/oder Dämpfungssysteme im Sinne einer Minimierung der sich als Überlagerung der ersten und zweiten Anteile ergebenden kollektiven Aufbaubewegungen, die die momentan vorliegenden Hub-, Wank- und Nickbewegungen des Aufbaus repräsentieren, geschieht.

Hierbei wird, im Gegensatz zum Stand der Technik, wie er in der EP-OS 03 21 078 beschrieben wird, die Dämpferkraft bei der Bestimmung der kollektiven Aufbaubewegungen nicht vernachlässigt. Wäre die Dämpferkraft gegenüber der Federkraft vernachlässigbar, so wäre auch die Wirkung einer Dämpferregelung zur Minimierung der Fahrzeugaufbaubewegungen vernachlässigbar. Vielmehr ergibt sich bei der Betrachtung eines Zwei-Körper-Modells bei harmonischer Erregung mit einer Frequenz von 2 Hz für typische Parameterwerte ein Amplitudenverhältnis von ca. 1,2 zwischen Feder- und Dämpferkraft.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Die Fig. 1 zeigt ein räumliches Fahrzeugmodell, während die Fig. 2 und 3 die wesentlichen Elemente des erfindungsgemäßen Systems darstellen.

In diesem Ausführungsbeispiel soll anhand eines Blockschaltbildes das erfindungsgemäße System zur Steuerung oder Regelung eines Fahrwerkes aufgezeigt werden. Das Fahrzeug besitzt in diesem Ausführungsbeispiel vier Radeinheiten und zwei Achsen.

Fig. 1 zeigt ein einfaches, räumliches Modell eines längssymmetrischen, vierrädrigen und zweiachsigen Fahrzeuges. Im folgenden wird mit dem Index i die zugehörige Achse bezeichnet, das heißt, daß mit dem Index $i=h$ die zur hinteren Achse gehörenden Eigenschaften und mit dem Index $i=v$ die zur vorderen Achse gehörenden Eigenschaften beschrieben sind. Position 30 stellt Federungs- und Dämpfungssysteme dar, die jeweils aus einer Feder mit der Federkonstanten C_i und einem parallel angeordneten Dämpfer mit der Dämpfungskonstanten d_i bestehen. Die Räder sind mit Position 31 bezeichnet und werden modellhaft jeweils durch die hintereinander angeordneten Körper mit den Massen m_{ri} und die die Radsteifigkeit repräsentierende Feder mit der Federkonstanten C_{ri} beschrieben. Die Fahrbahn ist mit Position 33 und die Karosserie mit der Masse M_k mit Position 32 markiert. Der Schwerpunkt S des Fahrzeugaufbaus befindet sich im Abstand a von der Vorderachse und im Abstand c von der Hinterachse. b kennzeichnet die halbe Spurweite.

Fig. 2 zeigt in dem Ausführungsbeispiel die wesentlichen Elemente des Systems. Mit Position 1vl, 1vr, 1hl, und 1hr sind Sensoren und mit Position 2 ist in gestrichelter Umrandung eine 1. Filterkombination von Filtereinheiten 11, 12 und 13 bezeichnet. Position 3 stellt in gestrichelter Umrandung Einheiten zur additiven und/oder

multiplikativen Beeinflussung dar, wobei mit Position 16 und 17 additive und mit den Positionen 18, 19 und 20 multiplikative Verknüpfungen beschrieben werden. Die Positionen 14 und 15 stellen Filtereinheiten dar. Position 4 zeigt in gestrichelter Umrandung eine 2. Filterkombination von Filtereinheiten 21, 22, 23 und 24 und Position 5 beschreibt in gestrichelter Umrandung eine Kombination von Einheiten 25 zur Datenbewertung und Umschaltung der Dämpfungscharakteristik. Die Positionen 6 und 7 markieren Mittel zur Erfassung der Fahrzeugquer- und Fahrzeuglängsbeschleunigung und die Position 8 kennzeichnet eine Filtereinheit zur Differenzierung.

Fig. 3 zeigt die Funktionsweise der Einheiten 25 zur Datenbewertung und Umschaltung der Dämpfungscharakteristik, wobei mit Position 41 eine Datenbereitstellung, mit 42 und 43 Wertevergleiche und mit 44 und 45 Mittel zur Umschaltung der Dämpfungscharakteristik bezeichnet sind. Der Datenbereitstellung 41 werden Sollwerte und/oder die gefilterten Sensorsignale der Sensoren 1vl, 1vr, 1hl, 1hr und/oder Signale der Mittel 6 und 7 und/oder Größen, die den Fahrzustand repräsentieren oder beeinflussen wie beispielsweise die Fahrgeschwindigkeit und/oder die Umgebungstemperatur, zugeführt.

Im folgenden wird die Funktionsweise des in diesem Ausführungsbeispiel beschriebenen Systems zur Erzeugung von Signalen zur Steuerung oder Regelung eines aktiven Fahrwerkes anhand der Fig. 1, 2 und 3 erläutert.

Je Radeinheit bzw. Federungs- und/oder Dämpfungssystem detektiert je ein Sensor 1vl, 1vr, 1hl oder 1hr die relativen Bewegungen zwischen Rad und Fahrzeugaufbau wie beispielsweise den relativen Einfederweg und/oder die Einfedergeschwindigkeit und/oder damit zusammenhängende Größen wie beispielsweise Druckdifferenzen in den Dämpfungssystemen.

In diesem Ausführungsbeispiel liegen als Ausgangssignale Signale an, die die relativen Einfederwege X_{arj} repräsentieren, wobei der Index i die zugehörige Achse bezeichnet, das heißt, daß mit dem Index $i=h$ die zur hinteren Achse gehörenden Federwege und mit dem Index $i=v$ die zur vorderen Achse gehörenden Federwege bezeichnet und der Index j die zu dem Signal gehörende Fahrzeugseite, das heißt, daß mit $j=r$ die rechte Fahrzeugseite und mit $j=l$ die linke Seite markiert wird, wobei die Blickrichtung von hinten nach vorne gewählt wird. Diese Signale können durch direkte Messungen des Einfederweges und/oder durch Messung der Einfederweggeschwindigkeit und/oder damit zusammenhängende Größen wie beispielsweise Druckdifferenzen in den Dämpfungssystemen erlangt werden. In diesem Ausführungsbeispiel liegen ausgangsseitig an den Sensoren 1ij die Signale X_{arvl} , X_{arvr} , X_{arhl} und X_{arhr} an.

Diese Signale werden der 1. Kombination von Filtereinheiten 2 zugeführt, wo diese miteinander verknüpft werden. Diese Verknüpfung geschieht in den Filtereinheiten 11, 12 und 13. Diese wie auch alle anderen Filtereinheiten des Systems können elektronisch digital, z. B. durch Verarbeitung einer die Übertragungseigenschaften repräsentierenden Differenzengleichung in Recheneinheiten, oder elektronisch analog, z. B. durch Nachbildung einer die Übertragungseigenschaften repräsentierenden Differentialgleichung mit elektronischen Bauelementen realisiert werden.

Die gesamte 1. Filterkombination 2 läßt sich durch ihr Übertragungsverhalten charakterisieren. Das Übertragungsverhalten ist in Matrixschreibweise wie folgt darzustellen:

$$\begin{bmatrix} S_v & S_v & S_h & S_h \\ S_v/r & -S_v/r & S_h/r & -S_h/r \\ -S_v/p & -S_v/p & S_h/q & S_h/q \end{bmatrix} \quad (1)$$

wobei

$$S_v(s) = -(C_v + d_v \cdot s)/(M_k \cdot s) \text{ und } S_h(s) = -(C_h + d_h \cdot s)/(M_k \cdot s) \text{ und } 1/r = (b \cdot M_k)/I_w \text{ und } 1/p = (a \cdot M_k)/I_n \text{ und } 1/q = (c \cdot M_k)/I_n \text{ und}$$

s — die Laplace-Variable

a — der Abstand zwischen Vorderachse und Schwerpunkt der Karosserie,

c — der Abstand zwischen Hinterachse und Schwerpunkt der Karosserie,

b — die halbe Spurweite,

M_k — die Masse der Karosserie,

I_w — das Massenträgheitsmoment bezüglich der Wankachse,

I_n — das Massenträgheitsmoment bezüglich der Nickachse,

d_v — die Dämpfungskonstante der Dämpfer an der Vorderachse,

d_h — die Dämpfungskonstante der Dämpfer an der Hinterachse,

C_v — die Steifigkeit der Federn an der Vorderachse und

C_h — die Steifigkeit der Federn an der Hinterachse sind.

In der 1. Filterkombination 2 werden also die Signale der Einfederwege wie folgt beschrieben linear kombiniert.

$$\begin{bmatrix} zb' \\ \text{alphab}' \\ \text{betab}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Sv & Sv & Sh & Sh \\ Sv/r & -Sv/r & Sh/r & -Sh/r \\ -Sv/p & -Sv/p & Sh/q & Sh/q \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Xarvl \\ Xarvr \\ Xarhl \\ Xarhr \end{bmatrix}$$

5

Die Verknüpfungen untereinander ergeben sich mathematisch formal durch Matrixmultiplikation des vierkomponentigen Vektors (Xarvl, Xarvr, Xarhl, Xarhr) mit der das Übertragungsverhalten charakterisierenden Matrix (1). Die einzelnen Filtereinheiten 11, 12 und 13 können beispielsweise gemäß der Vektor-Matrixmultiplikationsvorschrift als Additionseinheiten wie folgt ausgelegt sein.

Filtereinheit (FE) 11: $Xarvl \cdot Sv + Xarvr \cdot Sv + Xarhl \cdot Sh + Xarhr \cdot Sh$

FE 12: $Xarvl \cdot Sv/r - Xarvr \cdot Sv/r + Xarhl \cdot Sh/r - Xarhr \cdot Sh/r$

FE 13: $-Xarvl \cdot Sv/p - Xarvr \cdot Sv/p + Xarhl \cdot Sh/q + Xarhr \cdot Sh/q$

15

Die hieraus hervorgehenden Verknüpfungsergebnisse entsprechen kollektiven Aufbaubewegungen wie der Hub-, Wank- und Nickgeschwindigkeiten (zb', alphab' und betab') des Fahrzeugaufbaus infolge Anregungen durch Bodenunebenheiten. Hierbei sind mit alphab bzw. betab die Verdrehungen des Fahrzeugaufbaus um seine Wank- bzw. Nickachse und mit zb der Hub des Aufbaus bezeichnet. alphab', betab' und zb' sind die jeweiligen ersten zeitlichen Ableitungen der Größen alphab, betab und zb.

20

Die Verknüpfungsergebnisse (alphab' und betab') am Ausgang der 1. Filterkombination 2 geben die wirklich vorliegenden Wank- und Nickgeschwindigkeiten (alpha' und beta') nur für den Fall wieder, in dem das Fahrzeug unbeschleunigt geradeausfährt, während die Hubgeschwindigkeit zb' unabhängig von dem Beschleunigungszustand des Fahrzeuges ist, das heißt $zb' = z'$. Finden nun Brems-, Beschleunigungs- und/oder Lenkmanöver statt, so sind die Wank- und Nickgeschwindigkeiten alphab' und betab' um die Terme

25

$$\text{alphaq}' = (Ew(s) \cdot aq) / (Iw \cdot s) \text{ und } \text{betal}' = (En(s) \cdot al) / (In \cdot s) \quad (2)$$

durch die additiven Verknüpfungen 16 und 17 in den Einheiten 3 derart zu ergänzen, daß

30

$$\text{alpha}' = \text{alphab}' + \text{alphaq}' \text{ und } \text{beta}' = \text{betab}' + \text{betal}' \text{ und } \text{zb}' = z' \quad (3)$$

ist. Dabei sind aq und al die Quer- und Längsbeschleunigung des Fahrzeuges, die in den Mitteln 6 und 7 erfaßt werden. Ew und En sind Übertragungsfunktionen, wobei s die Laplace-Variable darstellt.

35

Die Größen Ew und En können auf der Grundlage von Reifenmodellen ermittelt werden. In einer einfachen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Systems besitzen die Größen Ew und En die Form

$$Ew = h \cdot Mk \text{ und } En = -h \cdot Mk, \quad (4)$$

40

wobei Mk die Masse der Fahrzeugkarosserie und h die Schwerpunkthöhe des Fahrzeuges darstellt.

Die auf diese Art und Weise ergänzten Hub-, Nick- und Wankgeschwindigkeiten (alpha', beta' und z'), die die wirklichen kollektiven Aufbaubewegungen auch im Falle von Lenk-, Brems- und Beschleunigungsmanövern wiedergeben, werden durch die multiplikativen Verknüpfungen 18, 19 und 20 gewichtet. Dies geschieht durch Multiplikationen mit den Größen gh, gw und gn und kann getrennt voneinander erfolgen. Darüber hinaus kann die Wichtung der Aufbaubewegungen auch additiv erfolgen.

45

Es ist vorteilhaft, die Werte gh, gw und gn abhängig von Größen zu wählen, die den Fahrzustand repräsentieren und/oder beeinflussen wie die Fahrgeschwindigkeit, Brems- Lenk- und/oder Beschleunigungsmanöver des Fahrzeuges und/oder die Umgebungstemperatur.

Während die Signale der Quer- und/oder Längsbeschleunigung aq und/oder al am Eingang der Filtereinheiten 14 und 15 anstehen, liegen die Signale alphaq' und betal' ausgangsseitig an den Filtereinheiten 14 und 15 an, deren Übertragungsverhalten gemäß den Gleichungen (2) mit

50

$Ew(s)/(Iw \cdot s)$ für die Filtereinheit 14 und

$En(s)/(In \cdot s)$ für die Filtereinheit 15

55

beschrieben werden kann.

Gemäß den obigen Ausführungen zur Gleichung (3) können in einer einfachen Version des erfindungsgemäßen Systems die Einheiten 14 und 15 als einfache multiplikative Verknüpfungen gemäß der Gleichung (3) ausgelegt sein.

60

Die Signale, die die Querbeschleunigung aq und die Längsbeschleunigung al des Fahrzeuges repräsentieren, werden in den Mitteln 6 und 7 erfaßt. Dies kann beispielsweise durch geeignete Beschleunigungssensoren geschehen.

Vorteilhaft ist es jedoch, die Signale der Querbeschleunigung aq des Fahrzeuges aus den Signalen eines Lenkwinkelsensors zu benutzen, besonders dann, wenn diese Signale beispielsweise auch zu einer Servolenkungssteuerung oder -regelung verwendet werden.

65

Desweiteren ist es vorteilhaft, die Signale der Längsbeschleunigung al des Fahrzeuges aus den Signalen von Raddrehzahlsensoren zu ermitteln, die beispielsweise auch in einem Anti-Blockier-System verwendet werden.

Zusammenfassend ist zu den Beeinflussungen in den Einheiten 3 zu sagen, daß hier zum einen die wirklich vorliegenden Nick- und Wankgeschwindigkeiten aus den Relativwegsignalen zwischen Aufbau und Radeinheiten sowie aus den Signalen, die die Querschleunigung a_q und die Längsbeschleunigung a_l des Fahrzeuges repräsentieren, rekonstruiert werden und zum anderen eine gezielte Beeinflussung der wirklich vorliegenden Aufbaubewegungen möglich ist, um beispielsweise eine bestimmte Bewegung besonders in der anschließenden Datenauswertung und Umschaltung der Dämpfungseigenschaft hervorzuheben bzw. zu dämpfen.

Bei einer einfach ausgelegten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Systems können die Einheiten (3) zur Beeinflussung umgangen werden. Hierbei werden dann lediglich die kollektiven Aufbaubewegungen, die durch Bodenunebenheiten verursacht werden, zur Beruhigung der Aufbaubewegungen herangezogen.

Die gewichteten kollektiven Aufbaugeschwindigkeiten werden nun in der 2. Filterkombination 4 einer weiteren Verarbeitung unterzogen. Die gesamte 2. Filterkombination 4 läßt sich durch ihr Übertragungsverhalten in Matrixschreibweise wie folgt charakterisieren

$$\begin{pmatrix} 1 & b & -a \\ 1 & -b & -a \\ 1 & b & c \\ 1 & -b & c \end{pmatrix} \quad (5)$$

wobei (siehe Fig. 1)

a — der Abstand Vorderachse und Schwerpunkt S der Karosserie,
 c — der Abstand Hinterachse und Schwerpunkt S der Karosserie und
 b — die halbe Spurweite ist.

In der 2. Filterkombination 4 werden also die Signale der gewichteten Aufbaubewegungen wie folgt beschrieben linear kombiniert.

$$\begin{pmatrix} X'_{agvl} \\ X'_{agvr} \\ X'_{aghl} \\ X'_{aghr} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & b & -a \\ 1 & -b & -a \\ 1 & b & c \\ 1 & -b & c \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} gh \cdot z' \\ gw \cdot \alpha' \\ gn \cdot \beta' \end{pmatrix}$$

Die Verknüpfungen untereinander ergeben sich mathematisch formal durch Matrixmultiplikation des dreikomponentigen Vektors $(gh \cdot z', gw \cdot \alpha', gn \cdot \beta')$ mit der das Übertragungsverhalten charakterisierenden Matrix (5). Die einzelnen Filtereinheiten 21, 22, 23 und 24 können beispielsweise gemäß der Vektor-Matrixmultiplikationsvorschrift als Additions- bzw. Subtraktionseinheiten wie folgt ausgelegt sein.

Filtereinheit 21: $gh \cdot z' + gw \cdot \alpha' \cdot b - gn \cdot \beta' \cdot a$
 Filtereinheit 22: $gh \cdot z' - gw \cdot \alpha' \cdot b - gn \cdot \beta' \cdot a$
 Filtereinheit 23: $gh \cdot z' + gw \cdot \alpha' \cdot b + gn \cdot \beta' \cdot c$
 Filtereinheit 24: $gh \cdot z' - gw \cdot \alpha' \cdot b + gn \cdot \beta' \cdot c$

Als Ergebnisse dieser Linearkombination liegen die gewichteten Eckgeschwindigkeiten X'_{agvl} , X'_{agvr} , X'_{aghl} und X'_{aghr} am Ausgang der 2. Filterkombinationen 4 an. Hierbei sind die gewichteten Eckgeschwindigkeiten die gewichteten Aufbaugeschwindigkeiten an den Stellen des Fahrzeugaufbaus, wo die verstellbaren Dämpfer am Aufbau angreifen.

Die so erhaltenen gewichteten Eckgeschwindigkeiten werden der Kombination von Einheiten 5 zur Datenbewertung und Umstellung der Dämpfungseigenschaft zugeführt, wo deren Beträge ihrer Größe nach analysiert werden und Verstellungen des jeweiligen verstellbaren Dämpfungssystems je nach Größe des Betrages der gewichteten Eckgeschwindigkeiten vorgenommen werden.

Die Funktionsweise der Einheiten 25 zur Datenbewertung und Umschaltung der Dämpfungseigenschaft ist in Fig. 3 aufgezeigt. Durch die Datenbereitstellung 41 werden Sollwerte S_{ij} und/oder die gefilterten Sensorsignale f_{ij} und/oder die Ausgangssignale der Mittel 6 und 7 und/oder Größen, die den Fahrzustand repräsentieren oder beeinflussen wie beispielsweise die Fahrgeschwindigkeit und/oder die Umgebungstemperatur, eingelesen. Die jeweilige gewichtete Eckgeschwindigkeit X_{agij} wird in dem Wertevergleich 42 mit einem Sollwert S_{ij} verglichen. Dieser Sollwert kann einen konstanten Wert für das jeweilige Dämpfungssystem einnehmen und/oder abhängig von Größen sein, die den Fahrzustand repräsentieren oder beeinflussen wie beispielsweise die Querschleunigung a_q , die Längsbeschleunigung a_l , die Fahrgeschwindigkeit und/oder die

Umgebungstemperatur.

Ist der Betrag der gewichteten Eckgeschwindigkeit $|X_{ajij}|$ kleiner als der zugehörige Sollwert S_{ij} , so liegt ausgangsseitig des Wertevergleiches 42 das Signal N an. In diesem Falle wird keine Umschaltung der Dämpfungsscharakteristik getätigt.

Ist der Betrag der gewichteten Eckgeschwindigkeit $|X_{ajij}|$ größer als der zugehörige Sollwert S_{ij} , so liegt ausgangsseitig des Wertevergleiches 42 das Signal Y an. In diesem Falle wird in dem Wertevergleich 43 das Vorzeichen des Produktes $X_{ajij} \cdot X_{arij}$ der gewichteten Eckgeschwindigkeiten X_{ajij} mit der zugehörigen Einfedergeschwindigkeit X_{arij} analysiert.

Die Einfedergeschwindigkeit X_{arij} erhält man am Ausgang der Filtereinheit 8, durch deren differenzierende Charakteristik die Einfederwege X_{arij} der Sensoren i, j differenziert werden.

Ist dies Produkt $X_{ajij} \cdot X_{arij}$ größer als Null, so liegt am Ausgang des Wertevergleiches 42 das Signale Y an, ist es kleiner als Null liegt das Signal N an.

Das Signal Y am Ausgang des Wertevergleiches 43 wird den Mitteln zur Umschaltung der Dämpfungsscharakteristik 44 zugeführt, wo eine Umschaltung auf eine härtere Dämpfungsscharakteristik des jeweiligen Dämpfungssystems vorgenommen wird.

Das Signal N am Ausgang des Wertevergleiches 43 wird den Mitteln zur Umschaltung der Dämpfungsscharakteristik 45 zugeführt, wo eine Umschaltung auf eine weichere Dämpfungsscharakteristik des jeweiligen Dämpfungssystems vorgenommen wird.

Eine Weiterbildung der oben als Ausführungsbeispiel beschriebenen Anordnung der Einheiten 25 zur Datenbewertung und Umschaltung der Dämpfungsscharakteristik kann darin bestehen, die Beträge der gewichteten Eckgeschwindigkeiten X_{ajij} mit mehreren zugehörigen Sollwerten $S_{1ij}, S_{2ij}, S_{3ij}, \dots$ zu vergleichen. Dies kann vorteilhaft in mehreren Wertevergleichen 42/1, 42/2, 42/3 ... geschehen. Abhängig von dem so erhaltenen detaillierteren Betragswert von $|X_{ajij}|$ können so bestimmte Dämpfungsscharakteristiken des jeweiligen Dämpfungssystems eingestellt werden, während bei der als Ausführungsbeispiel beschriebene Anordnung (Fig. 3) nur die nächst härtere bzw. weichere Stufe angesteuert wird.

Eine besonders einfache Ausführung des erfindungsgemäßen Systems ist die zweistufige Auslegung der Dämpfungssysteme, wobei eine harte und eine weiche Fahrwerkcharakteristik vorliegt. In diesem Falle werden in den Mitteln zur Umschaltung der Dämpfungsscharakteristik 44 bzw. 45 die Stufen "Hart" bzw. "Weich" eingestellt.

Die Funktionsweise jeder Einheit zur Datenbewertung und Umschaltung der Dämpfungsscharakteristik kann wie folgt beschrieben zusammengefaßt werden.

1. Die Beträge der gewichteten Eckgeschwindigkeiten werden ihrer Größe nach analysiert und Verstellungen des jeweiligen verstellbaren Dämpfungssystems werden je nach Größe des Betrages der gewichteten Eckgeschwindigkeiten vorgenommen.
2. Eine Verstellung auf eine härtere Dämpfungsscharakteristik wird getätigt, wenn die Richtungen der zugehörigen gewichteten Eckgeschwindigkeiten und der zugehörigen relativen Einfedergeschwindigkeiten gleich sind.
3. Eine Verstellung auf eine weichere Dämpfungsscharakteristik wird getätigt, wenn die Richtungen der zugehörigen gewichteten Eckgeschwindigkeiten und der zugehörigen relativen Einfedergeschwindigkeiten entgegengesetzt sind.

Auf diese Weise wird erreicht, daß die Verstellungen der Dämpfungsscharakteristika der Dämpfungssysteme die jeweiligen Eckgeschwindigkeiten des Fahrzeugaufbaus vermindern beeinflussen. Hierdurch wird eine Minimierung der Bewegungen des Aufbaus erreicht. Durch die Wichtung der Hub-, Nick- und/oder Wankbewegungen wird eine gezielte Beeinflussung dieser Bewegungen ermöglicht.

Besonders deutlich wird die Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Systems gegenüber dem Stand der Technik, wie er aus der EP-OS 03 21 078 bekannt ist, wenn man folgendes in Betracht zieht:

Die in der EP-OS 03 21 078 beschriebene Bestimmung der lokalen Aufbaugeschwindigkeiten und deren lokale Minimierung hat zur Folge, daß bei einer Veränderung eines einzigen der Relativbewegungssignale ($X_{arvl}, X_{arvr}, X_{arhl}, X_{arhr}$), beispielsweise bei Überfahren einer Fahrbahnerhöhung mit dem hinteren rechten Rad, nur dasjenige Federungs- und/oder Dämpfungssystem im Sinne einer Verringerung des Aufbaus angesteuert wird, das zu dieser Radeinheit, die die Fahrbahnunebenheit überfährt, gehört. Dies ist dadurch begründet, daß bei diesem Beispiel das Signal (X_{arhr}), das die Relativbewegung zwischen dem hinteren rechten Rad und Aufbau repräsentiert, verändert wird, während die restlichen Relativbewegungssignale weitgehend unverändert bleiben.

Demgegenüber werden bei Verwendung des erfindungsgemäßen Systems in dem oben genannten Beispiel, das heißt ein sich veränderndes Relativbewegungssignal (X_{arhr}), die kollektiven Aufbaubewegungen wie Nick-, Wank- und Hubbewegungen ermittelt. Da zur Beeinflussung dieser kollektiven Aufbaubewegungen die Ansteuerung von mindestens zwei Federungs- und/oder Dämpfungssystemen erforderlich ist, verändern sich bei dem erfindungsgemäßen System auch mindestens zwei der entsprechenden Ansteuersignale.

Patentansprüche

1. System zur Steuerung oder Regelung eines in seinen Bewegungsabläufen steuerbaren oder regelbaren Fahrwerkes eines Kraftfahrzeugs mit in ihren Federungs- und/oder Dämpfungseigenschaften verstellbar ausgelegten Federungs- und/oder Dämpfungssystemen zwischen den Radeinheiten und dem Aufbau des Fahrzeugs, wobei

— erste Sensoren (i, j) vorgesehen sind zur Erfassung von ersten Signalen (Z_{arij}), die die relativen

Bewegungen zwischen den Radeinheiten und dem Fahrzeugaufbau repräsentieren und

— zweite Sensoren (6; 7) zur Erfassung von zweiten Signalen (aq, al), die die Längs- und/oder Querbewegungen des Fahrzeugs infolge instationärer Fahrzustände (beispielsweise Kurvenfahrten, Brems- und/oder Beschleunigungsmanöver) repräsentieren und wobei

— Bearbeitungseinheiten (2; 3; 4; 5) vorgesehen sind, durch die

— ausgehend von den ersten Signalen unter Berücksichtigung von Kenngrößen der Federungs- und/oder Dämpfungssysteme, beispielsweise mittels eines "inversen Modells" erste Anteile (zb'; alphab'; betab') der Aufbaubewegungen ermittelt werden, die durch stationäre Fahrzustände induziert sind und

— ausgehend von den zweiten Signalen unter Berücksichtigung von Fahrzeugparametern zweite Anteile (alphaq', betal') der Aufbaubewegungen ermittelt werden, die durch instationäre Fahrzustände induziert sind, und

— die Federungs- und/oder Dämpfungssysteme abhängig von den sich als Überlagerung der ersten und zweiten Anteile ergebenden Aufbaubewegungen (z'; alpha'; beta') eingestellt werden.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Anteile (zb'; alphab'; betab') der Aufbaubewegungen durch stationäre Fahrzustände induzierte kollektive Aufbaubewegungen wie Hub-, Wank- und Nickbewegungen des Aufbaus repräsentieren, und die zweiten Anteile (alphaq'; betal') durch instationäre Fahrzustände induzierte kollektive Aufbaubewegungen wie Wank- und Nickbewegungen des Aufbaus repräsentieren.

3. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Federungs- und/oder Dämpfungssysteme derart getätigt werden, daß die kollektiven Aufbaubewegungen abhängig von dem Fahrzustand des Fahrzeugs getrennt voneinander beeinflußt werden.

4. System nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der Federungs- und/oder Dämpfungssysteme im Sinne einer Minimierung der sich als Überlagerung der ersten und zweiten Anteile ergebenden kollektiven Aufbaubewegungen (z'; alpha'; beta') erfolgt, die die momentan vorliegenden Hub-, Wank- und Nickbewegungen des Aufbaus repräsentieren.

5. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß

— pro Federungs- und/oder Dämpfungssystem durch jeweils erste Sensoren (lij) die relativen Bewegungen zwischen Rad und Aufbau des Fahrzeuges, beispielsweise der relative Einfederweg und/oder die Einfedergergeschwindigkeit, und/oder damit zusammenhängende Größen detektiert werden und

— die ersten Signale (Xarvl; Xarvr; Xarhl; Xarhr) der ersten Sensoren (lij) in 1. Filtereinheiten (2) untereinander verknüpft werden und

— wenigstens zwei der Verknüpfungsergebnisse (zb'; alphab'; betab') der 1. Filtereinheiten (2), die kollektive Aufbaubewegungen bei bestimmten Fahrzuständen des Fahrzeuges repräsentieren, in Einheiten (3) zur Beeinflussung unter Berücksichtigung weiterer, den Fahrzustand repräsentierender und/oder beeinflussender Größen, wie Lenk-, Brems- und Beschleunigungsmanöver, additiv und/oder multiplikativ beeinflußt werden und

— die beeinflußten oder, unter Umgehung der Einheiten (3), unbeeinflußten Verknüpfungsergebnisse in 2. Filtereinheiten (4) untereinander verknüpft werden und

— die ausgangsseitig der 2. Filtereinheiten anliegenden Verknüpfungsergebnisse zu einer an sich bekannten Steuerung oder Regelung des Fahrwerkes, insbesondere zur Minimierung der Bewegungen des Fahrzeugaufbaus, herangezogen werden.

6. System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erlangung der Verknüpfungsergebnisse in den 1. Filtereinheiten (2) die Dämpferkräfte berücksichtigt werden.

7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungseigenschaften der verstellbaren Dämpfungssysteme wenigstens zweistufig verstellbar sind, das heißt die zu steuernden/regelnden Dämpfungssysteme wenigstens zwei Dämpfungscharakteristika, beispielsweise eine harte und eine weiche, aufweisen.

8. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Einheiten (3) zur Beeinflussung die additive und/oder multiplikative Beeinflussung der Verknüpfungsergebnisse (zb'; alphab'; betab') der 1. Filtereinheiten (2) durch additive und/oder multiplikative Verknüpfungen der Signale (zb'; alphab'; betab') mit Signalen geschieht, die die Längs- und/oder Querschleunigung (al; aq) und/oder die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeuges repräsentieren.

9. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale, die die Längs- und/oder Querschleunigung (al; aq) des Fahrzeuges repräsentieren, durch die Mittel (6) und (7) erlangt werden, indem zur Erlangung der Signale, die die Querschleunigung repräsentieren, Signale eines Lenkwinkelsensors, die beispielsweise auch zu einer Servolenkungssteuerung oder -regelung herangezogen werden, ermittelt werden und/oder zur Erlangung der Signale, die die Längsbeschleunigung repräsentieren, Signale von Raddrehzahlsensoren, die beispielsweise auch zu einem Anti-Blockier-System verwendet werden, herangezogen werden, oder daß zur Erlangung der Signale, die die Längs- und/oder Querschleunigung (al; aq) des Fahrzeuges repräsentieren, Signale von Beschleunigungssensoren herangezogen werden.

10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle eines zweiachsigen und vierrädrigen Fahrzeuges, bei dem als Sensorsignale die relativen Einfederwege zwischen den Rädern und dem Fahrzeugaufbau (Xarvl; Xarvr; Xarhl und Xarhr) gemessen werden, diese vier Sensorsignale durch eine Linearkombination in 1. Filtereinheiten (2) untereinander verknüpft werden und die 1. Filtereinheiten (2) die Übertragungsfunktion in Matrixschreibweise

$$\begin{pmatrix} S_v & S_v & S_h & S_h \\ S_v/r & -S_v/r & S_h/r & -S_h/r \\ -S_v/p & -S_v/p & S_h/q & S_h/q \end{pmatrix}$$

5

aufweist, mit

$$S_v(s) = -(C_v + d_v \cdot s)/(M_k \cdot s) \text{ und } S_h(s) = -(C_h + d_h \cdot s)/(M_k \cdot s) \text{ und} \\ 1/r = (b \cdot M_k)/I_w \text{ und } 1/p = (a \cdot M_k)/I_n \text{ und } 1/q = (c \cdot M_k)/I_n$$

10

wobei

s — die Laplace-Variable

15

a — der Abstand zwischen Vorderachse und Schwerpunkt der Karosserie,

c — der Abstand zwischen Hinterachse und Schwerpunkt der Karosserie,

b — die halbe Spurweite,

M_k — die Masse der Karosserie,

I_w — das Massenträgheitsmoment bezüglich der Wankachse,

20

I_n — das Massenträgheitsmoment bezüglich der Nickachse,

d_v — die Dämpfungskonstante der Dämpfer an der Vorderachse,

d_h — die Dämpfungskonstante der Dämpfer an der Hinterachse,

C_v — die Steifigkeit der Federn an der Vorderachse und

C_h — die Steifigkeit der Federn an der Hinterachse

25

ist und als Verknüpfungsergebnisse (z_{b'}; alpha_{b'} und beta_{b'}) kollektive Bewegungen des Aufbaus infolge Anregungen durch Fahrbahnunebenheiten wie Hub-(z_{b'}), Wank-(alpha_{b'}) und/oder Nickgeschwindigkeiten (beta_{b'}) des Fahrzeugaufbaus bestimmt werden.

11. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beeinflussungen durch additive Verknüpfungen der Verknüpfungsergebnisse (z_{b'}; alpha_{b'}; beta_{b'}), die ausgangsseitig der Einheiten (2) anliegen, derart geschehen, daß das die Wankgeschwindigkeit infolge Bodenunebenheiten repräsentierende Verknüpfungsergebnis (alpha_{b'}) durch Additionen des Signals (alpha_{a'}) und das die Nickgeschwindigkeit infolge Bodenunebenheiten repräsentierende Verknüpfungsergebnis (beta_{b'}) durch Additionen des Signals (beta_{a'}) beeinflusst wird, wobei die Signale (alpha_{a'}) und (beta_{a'}) als Ausgangssignale an Filtereinheiten (14) und (15) anliegen, und in den Filtereinheiten (14) und (15) die Eingangssignale (a_q und a_l), die die Längs- und/oder Querbewegung des Fahrzeuges repräsentieren, verarbeitet werden und die Filtereinheiten (14) und (15) die Übertragungseigenschaften (E_w(s)/(I_w · s) (Eingangssignal a_q, Ausgangssignal alpha_{a'}) und (E_n(s)/(I_n · s) (Eingangssignal a_l, Ausgangssignal beta_{a'}) aufweisen, wobei s die Laplace-Variable ist und E_w(s) und E_n(s) Funktionen sind, die auf der Grundlage von Reifenmodellen zu ermitteln sind oder beispielsweise in einer einfachen Form durch E_w(s) = h · M_k und E_n(s) = -h · M_k gegeben sind, wobei I_n bzw. I_w für die Massenträgheitsmomente bzgl. der Nick- und der Wankachse, M_k für die Masse der Karosserie und h für die Schwerpunkthöhe stehen.

30

35

40

12. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die multiplikativen Verknüpfungen in den Einheiten (3) durch Faktoren (g_h; g_w; g_n) im Sinne von Wichtungen geschieht, die konstant oder abhängig von Größen sind, die den Fahrzustand repräsentieren oder beeinflussen.

45

13. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die in den Einheiten (3) beeinflussten Verknüpfungsergebnisse (alpha_{b'}; beta_{b'}; z_{b'}) oder die, unter Umgehung der Einheiten (3), unbeeinflussten Verknüpfungsergebnisse (alpha_{b'}; beta_{b'}; z_{b'}) in 2. Filtereinheiten (4) durch eine Linearkombination untereinander verknüpft werden und die 2. Filtereinheiten (4) die Übertragungsfunktion in Matrixschreibweise

50

$$\begin{pmatrix} 1 & b & -a \\ 1 & -b & -a \\ 1 & b & c \\ 1 & -b & c \end{pmatrix}$$

55

60

aufweist, wobei

a — der Abstand zwischen Vorderachse und Schwerpunkt der Karosserie,

65

c — der Abstand zwischen Hinterachse und Schwerpunkt der Karosserie und

b — die halbe Spurweite ist

und die Ergebnisse dieser Verknüpfungen gewichtete Eckgeschwindigkeiten (X'_{agvl} ; X'_{agvr} ; X'_{aghl} ; X'_{aghr}) repräsentieren, und zwar an den Stellen des Fahrzeugaufbaus, wo die verstellbaren Dämpfungssysteme am Aufbau angreifen.

14. System nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die gewichteten Eckgeschwindigkeiten in den Einheiten (5) zur Datenbewertung und Umschaltung der Dämpfungscharakteristik so bearbeitet werden, daß

1. die Beträge der gewichteten Eckgeschwindigkeiten ihrer Größe nach analysiert werden und Verstärkungen des jeweiligen verstellbaren Dämpfungssystems je nach Größe des Betrages der gewichteten Eckgeschwindigkeiten vorgenommen werden und

2. eine Verstärkung auf eine härtere Dämpfungscharakteristik getätigt wird, wenn die Richtungen der zugehörigen Eckgeschwindigkeiten und der zugehörigen relativen Einfedergeschwindigkeiten gleich sind und

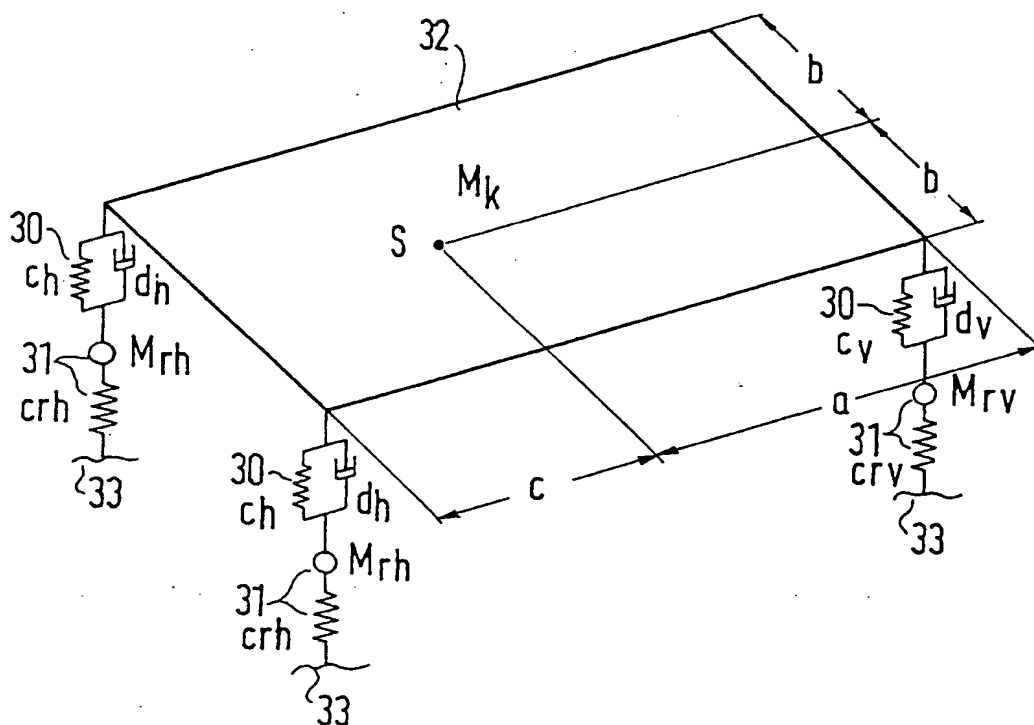
3. eine Verstärkung auf eine weichere Dämpfungscharakteristik getätigt wird, wenn die Richtungen der zugehörigen Eckgeschwindigkeiten und der zugehörigen relativen Einfedergeschwindigkeiten entgegengesetzt sind,

wobei die relativen Einfedergeschwindigkeiten durch Filtereinheiten (8) mit differenzierendem Übertragungsverhalten aus den Einfederwegen der Sensoren (1j) ermittelt werden.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1



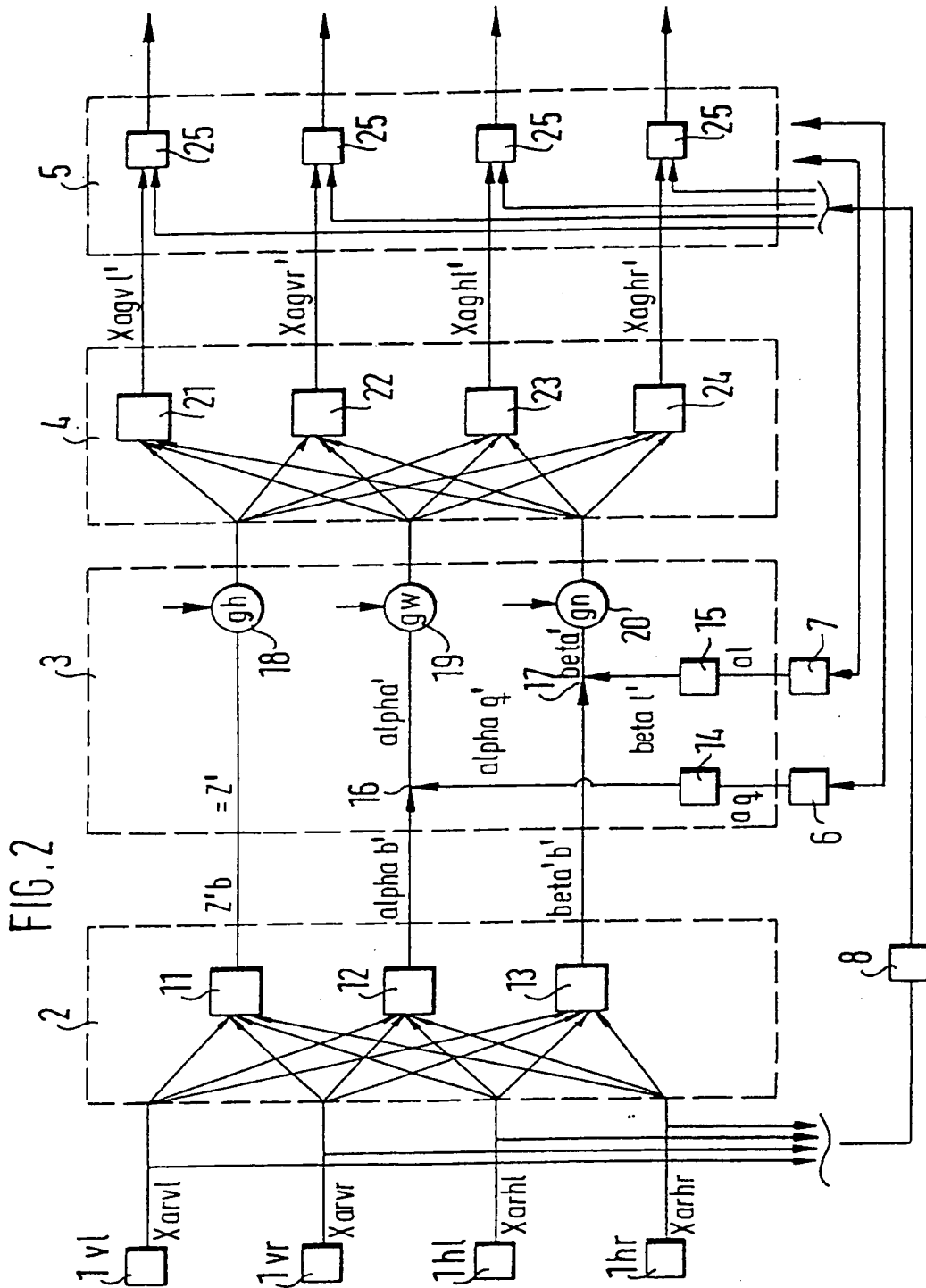


FIG. 3

